
PROJECTE DE CÀLCUL ESTRUCTURAL

| | |
|----------|---|
| CLIENT | : SEMESA – Selectives Metropolitanas, S.A Ctra. |
| ADREÇA | : Camí Antic de Barcelona a València B-210 |
| POBLACIÓ | : 08850 GAVÀ |
| N.I.F. | : A-60.191.368 |

ÍNDEX

1. Objecte del projecte
2. Dades del Propietari i Promotor
3. Descripció de l'edificació
 - 3.1. Emplaçament
 - 3.2. Condicions urbanístiques
 - 3.3. Superfícies
 - 3.4. Obra civil
 - 3.4.1. Moviment de terres
 - 3.4.2. Fonaments
 - 3.4.3. Estructura metàl·lica
 - 3.4.3.1. Procés constructiu de la reforma
 - 3.4.3.2. Descripció de la reforma
 - 3.4.4. Treballs de paleta
 - 3.4.5. Protecció contra incendis
 - 3.4.6. Tancaments
 - 3.4.7. Coberta
 - 3.4.8. Carpinteria metàl·lica
4. Memòria Tècnica
 - 4.1. Càlculs estructurals
 - 4.1.1. Plantejament del procés de càlcul
 - 4.2. Càrregues considerades
 - 4.2.1. Accions gravitatòries
 - 4.2.2. Accions eòliques
 - 4.2.3. Accions sísmiques
 - 4.3. Consideracions sobre els materials
 - 4.3.1. Tipus de Control
 - 4.3.2. Característiques dels materials
 - 4.3.2.1. Pilars
 - 4.3.2.2. Bigues, faldons i travades laterals
 - 4.3.2.3. Formigó
 - 4.4. Gestió de residus
 - 4.5. Estudi Bàsic de Seguretat i Salut
 - 4.6. Normativa de referència
5. Pressupost
6. Llista de plànols
7. Conclusió

| | |
|---------|------------------------------|
| ANNEX 1 | Memòria de càlcul de Tricalc |
| ANNEX 2 | Opcions de càlcul |
| ANNEX 3 | Comprovació seccions acer |
| ANNEX 4 | Desplaçaments |

1. OBJECTE DEL PROJECTE

Amb l'objectiu de millorar la mobilitat interior a l'anomenada 'nau d'envasos' del conjunt industrial, es redacta el present projecte, a petició del Titular, amb la finalitat de calcular unes estructures que puguin substituir les quatre creus de Sant Andreu de l'estructura central de la nau.

2. DADES DEL TITULAR I PROMOTOR

El Titular i Promotor de l'obra serà:

| | |
|-------------------|--|
| Nom: | SEMESA – Selectives Metropolitanas, S.A. |
| N.I.F.: | A-60.191.368 |
| Domicili: | Ctra. Camí Antic de Barcelona a València B-210 |
| Municipi: | 08850 GAVÀ |
| Província: | BARCELONA |

3. DESCRIPCIÓ DE LA REFORMA

3.1. Emplaçament

La nau industrial objecte del present projecte s'ubica dins del conjunt industrial a la 'nau d'envasos', el qual està situat a la Ctra. Camí Antic de Barcelona a València B-210 del Terme Municipal de Gavà a la província de Barcelona, tal i com es pot observar al plànol núm. 1 de Situació i Emplaçament adjunt.

3.2. Condicions urbanístiques

Les condicions i dades urbanístiques exigides per la normativa municipal d'aquest polígon en tipus d'edificació industrial no afecten al tipus d'actuació que es voldrà portar a terme.

3.3. Superfícies

Igual que el punt anterior, degut al tipus d'actuació que es realitzarà, la distribució de superfícies no es veurà afectada .

3.4. Obra civil

3.4.1. MOVIMENT DE TERRES

El tipus d'actuació que ens ocupa no requerirà cap moviment de terres.

3.4.2. FONAMENTS

Aquest apartat no s'escau ja que no s'actuarà en els fonaments existents de l'estructura.

3.4.3. ESTRUCTURA METÀL·LICA

El projecte de càlcul de l'estructura metàl·lica consisteix té l'objectiu de calcular una estructura per a substituir les creus de Sant Andreu existents en

quatre pòrtics de l'estructura central de la nau d'envasos tal i com es pot observar en el plànol núm. 2 adjunt a la present memòria.

Tal i com s'ha esmentat anteriorment aquesta reforma té per objectiu facilitar la mobilitat interior de la nau ja que cadascun dels pòrtics a reformar quedarà amb una alçada lliure de 5m.

3.4.3.1. Procés constructiu de la reforma

Tot i que la reforma estructural no és d'una complexitat elevada, quan es redacti el projecte executiu per a realitzar-la, la mateixa s'haurà de portar a terme **imprescindiblement** de la següent forma:

- **el desmuntatge i posterior soldadura de cada pòrtic es realitzarà de forma consecutiva. Això vol dir que només es procedirà a reformar el segon pòrtic quan el primer estigui totalment acabat, i així consecutivament fins acabar la reforma.**
- **la soldadura de la reforma serà realitzada per soldadors homologats per a estructures metàl·liques**

3.4.3.2. Descripció de la reforma

Tal com s'ha descrit anteriorment, la reforma consistirà en substituir les 4 creus de Sant Andreu existents per unes estructures amb un comportament i una configuració estructuralment equivalents. També tal com s'ha esmentat anteriorment, el requeriment principal sol·licitat pel promotor per a la nova configuració és aconseguir una alçada mínima de 5m amb l'objectiu de millorar la mobilitat interior de la nau.

Perfils a eliminar:

- secció en "L" de 70x70x8mm: LPN-70.8

Perfils nous a afegir i soldar:

- secció tub quadrat de 100x100x6mm: PHC-100.6
- secció dos perfils en 'U' enfrontats de 120x55mm: 2UPN-120

3.4.4. TREBALLS DE PALETA

Degut a les característiques de la reforma aquests tipus de treballs no seran necessaris.

3.4.5. PROTECCIÓ CONTRA INCENDIS (RD2267/2004)

El RD 2267/2004 'Reglament de seguretat contra incendis en els establiments industrials', estableix les especificacions indispensables que ha de complir el present establiment pel que fa a l'estabilitat al foc dels elements constructius, separacions i portes que el delimiten. Concretament, en el cas que ens ocupa i degut a la protecció activa existent amb ruixadors, no seran necessàries mesures de protecció contra incendis afegides.

3.4.6. TANCAMENTS

Degut a la simplicitat de la reforma plantejada, les parets exteriors que formen els tancaments perimetrals de la nau no es veuran modificades per la mateixa.

3.4.7. COBERTA

Igual que en l'apartat anterior la coberta no es veurà afectada per la reforma que ens ocupa.

3.4.8. CARPINTERIA METÀL·LICA

Aquest apartat tampoc s'escau

4. MEMÒRIA TÈCNICA

4.1. Càlculs estructurals

Els càlculs efectuats per a la definició de la reforma plantejada en el present projecte han estat realitzats mitjançant el programa de càlcul d'estructures TRICALC, versió 12.0.40, de la l'empresa Arktec,S.A. A l'Annex 1 adjunt a la present memòria es pot observar la Memòria de Càlcul obtinguda del programa de càlcul Tricalc.

4.1.1. PLANTEJAMENT DEL PROCÉS DE CàLCUL

Com s'ha esmentat amb anterioritat la reforma estructural consisteix en la substitució de quatre creus de Sant Andreu dels seus corresponents pòrtics per unes estructures que tinguin un comportament estructural equivalent. Tres de les creus de Sant Andreu són molt similars entre elles pel que fa a dimensions, i la quarta creu d'unes dimensions més reduïdes, amb una llum inferior. El plantejament de càlcul ha estat fet en un dels tres pòrtics iguals. Els resultats d'aquest càlcul s'han considerat extrapolables cap als altres pòrtics i es poden

observar a l'Annex 3 (Comprovació seccions acer) i a l'Annex 4 (Desplaçaments).

4.2. Càrregues considerades

4.2.1. ACCIONS GRAVITATÒRIES

Les càrregues com a conseqüència de les accions gravitatòries no es veuran modificades per la reforma calculada en el present projecte, tot i que en el càlcul es tindran en consideració els pesos propis de l'estructura eliminada i de l'estructura afegida.

4.2.2. ACCIONS EÒLIQUES

Tampoc en aquest cas es veuran afectades les càrregues corresponents a aquestes accions.

4.2.3. ACCIONS SÍSMIQUES

Tampoc en aquest cas es veuran afectades les càrregues corresponents a les accions sísmiques.

4.3. Consideracions sobre els materials

4.3.1. TIPUS DE CONTROL

El nivell de control és del tipus NORMAL i, per tant, es treballa amb els següents coeficients de seguretat:

- Coeficient de majoració de càrregues..... (veure opcions de càlcul dins l'Annex 2 adjunt a la present Memòria)
- Coeficient de minoració de l'acer..... 1,15
- Coeficient de minoració del formigó..... 1,50

4.3.2. CARACTERÍSTIQUES DELS MATERIALS

4.3.2.1. Pilars

Els pilars de l'estructura existent no es veuran modificats per la reforma plantejada.

4.3.2.2. Bigues, faldons i travades laterals

El tipus de material que s'utilitzarà pels diversos perfils que intervendran en la nova estructura afegida serà el que s'indica a continuació:

- acer laminat S275.
- límit elàstic: 2.804 Kg/cm²

4.3.2.3. Formigó

En el cas que ens ocupa aquest apartat no s'escau.

4.4. Gestió de residus

Aquest apartat no s'escau ja que el mateix s'inclourà en el projecte executiu que s'efectuï en el seu dia.

4.5. Estudi Bàsic de Seguretat i Salut

Igual que l'apartat anterior, l'Estudi Bàsic de Seguretat i Salut es realitzarà juntament amb el projecte executiu y quan es conegui el constructor que portarà a terme la reforma.

4.6. Normativa de referència

- RD 997/2002, de 27 de setembre, norma de construcció sismoresistent: part general i edificació (NCSR-02) (BOE núm. 244 - 11.10.2002).
- RD 2429/1979, de 6 de juliol de 1979, norma bàsica de l'edificació NBE CT-79, Condicions tèrmiques en els edificis (BOE núm. 253 - 22.10.1979).
- RD 2267/2004, de 3 de desembre, reglament de seguretat contra incendis en els establiments industrials (BOE núm. 303 – 17.12.2004).
- Codi Tècnic de l'Edificació (RD 314/2006 de 17 de Març del 2006).
- Pla d'ordenació urbanística de l'Ajuntament de Gavà.

5. PRESSUPOST

El pressupost per a la realització de les obres previstes en aquest projecte s'estima en uns 14.500.-€ (CATORZE MIL CINQ-CENTS EUROS).

6. PLÀNOLS

Pel projecte s'han realitzat els plànols que s'estimen suficients per a la definició i concreció dels diversos treballs a realitza. Aquests són els següents:

- núm. 1 Situació i Emplaçament
- núm. 2 Emplaçament i Superfícies

7. CONCLUSIÓ

Després del que s'ha exposat anteriorment es creu haver reflectit que les caraterístiques principals de la modificació plantejada, són suficients segons la normativa vigent.

Granollers, 07 març de 2020.

El Promotor,

El Facultatiu,

Selectives Metropolitanas, S.A.

N.I.F.: A-60.191.368

Projecte de càlcul estructural de substitució de 4 creus de Sant Andreu: Annexes
Client/Promotor: Selectives Metropolitanas, S.A. (SEMESA).
Adreça: Ctra. Camí Antic de Barcelona a València B-210. 08850 GAVÀ

ANNEX 1

Memòria de càlcul Tricalc

MEMÒRIA DE CàLCUL DE L'ESTRUCTURA

Aquesta és la memòria de càlcul de l'estructura per a les següents normes d'Espanya:

- Accions: CTE DB SE i CTE DB SE-AE
- Sisme: NCSE-94 i NCSE-02
- Formigó armat i en Masa: EHE-08
- Unidireccionals prefabricats: EHE-08
- Acer estructural: CTE DB SE-A o EAE
- Bigues Mixtes: EN 1994-1-1
- Alumini: EN 1999-1-1
- Fonaments: CTE DB SE-C
- Fàbrica: CTE DB SE-F
- Fusta: CTE DB SE-M
- Resistència al foc: CTE DB SI, EHE-08, EN 1994-1-2 i EN 1999-1-2

INTRODUCCIÓ

El càlcul de l'estructura ha estat realitzat mitjançant el programa TRICALC de Càlcul Espaiial d'Estructures Tridimensionals, versió 12.0.40, de l'empresa ARKTEC S.A., amb domicili a Cronos, 63 – Edificio Cronos – E28037 Madrid (Espanya).

GEOMETRIA

Sistemes de coordenades

S'utilitzen tres tipus de sistemes de coordenades:

- **SISTEMA GENERAL:** Es el sistema de coordenades utilitzat per situar elements en l'espai. Està constituït per l'origen de coordenades Og i els eixos Xg , Yg i Zg formant un trèdre. Els eixos Xg i Zg defineixen el pla horitzontal de l'espai i els plans formats per $XgYg$ i $YgZg$ són els verticals.

- **SISTEMA LOCAL:** Es el sistema de coordenades propi de cadascun dels nusos d'una barra de l'estructura i depèn exclusivament de la seva situació i orientació en l'espai. Cadascuna de les barres té un eix de coordenades local per a cadascun dels seus nusos, als quals hom denominarà $[Oli, Xli, Yli, Zli]$ i $[Olj, Xlj, Ylj, Zlj]$. Els eixos locals es defineixen de la següent manera:

- Eixos Locals en el NUS i:

L'origen de coordenades Oli està situat en el nus i.

L'eix Xli es defineix com el vector de direcció ji .

L'eix Yli es selecciona perpendicular als eixos Xli i Zg de forma que el producte vectorial de Zg amb Xli coincideixi amb Yli .

L'eix Zli es determina per la condició d'ortogonalitat que ha de complir el trèdre format per Xli , Yli i Zli .

- Eixos Locals en el NUS j:

L'origen de coordenades Olj està situat en el nus j.

L'eix Xlj es defineix com el vector de direcció ij .

L'eix Ylj es selecciona perpendicular als eixos Xlj i Zg de forma que el producte vectorial de Zg amb Xlj coincideixi amb l'eix Ylj.

L'eix Zlj es determina per la condició d'ortogonalitat que ha de complir el trèdre format per Xlj, Ylj i Zlj.

■ **SISTEMA PRINCIPAL:** Es el sistema de coordenades que coincideix amb el sistema d'eixos principals d'inèrcia de la secció transversal d'una barra. Mitjançant una rotació de valor s'obté un angle β entre els eixos Ylocal i Yprincipal del seu nus de menor numeració, mesurat des de l'eix Ylocal en direcció a Zlocal.

El sistema de coordenades general [Og,Xg,Yg,Zg] s'utilitza per definir les següents magnituds:

- Coordenades dels nusos.
- Condicions de suport dels nusos en contacte amb la fonamentació (suports, encastaments, ressorts i assentaments).
- Càrregues contínues, discontinües, triangulars i puntuals aplicades en les barres.
- Forces i moments en els nusos.
- Desplaçaments en els nusos i reaccions d'aquells en contacte amb el terreny, obtinguts després del càlcul.

El sistema de coordenades principal [Op,Xp,Yp,Zp] s'utilitza per definir les següents magnituds:

- Càrregues de temperatures, amb gradient tèrmic al llarg de l'eix Yp o Zp de la secció.
- Càrregues del tipus moments flectors i torsors en barres.
- Resultats de sol·licitacions d'una barra.
- Gràfiques de les sol·licitacions principals.

Definició de la geometria

L'estructura ha estat definida com una malla tridimensional composta per barres i nusos. Hom considera que les barres són de directriu recta, de secció constant entre els seus nusos extrems i de longitud igual a la distància entre els eixos locals de dits extrems.

Les **unions de les barres** en els nusos poden ser de diferents tipus:

- **UNIONS RIGIDES**, en les que les barres transmeten girs i desplaçaments als nusos.
- **UNIONS ARTICULADES**, en les que les barres transmeten desplaçaments als nusos però no girs.
- **UNIONS ELÀSTIQUES**, en les que es defineix un percentatge en els tres girs, en eixos principals de la barra.

Les **condicions de suport** imposades als nusos de l'estructura en contacte amb la fonamentació, condicions de suport, permeten limitar el gir i/o desplaçament en els eixos generals. Segons les diferents combinacions dels sis possibles graus de llibertat per nus, es poden definir diferents casos:

- **NUSOS LLIURES**: desplaçaments i girs en els tres eixos de coordenades (-----).
- **NUSOS ARTICULATS**: sense desplaçaments, girs en els tres eixos (XYZ---).
- **NUSOS ENCASTATS**: sense desplaçaments ni girs (XYZXYZ).
- **SUPORTS VERTICALS**: desplaçaments respecte els eixos Xg i Zg, girs en els tres eixos (-Y-----).
- **SUPORTS HORIZONTALS EN X**: desplaçaments respecte els eixos Ygi Zg, girs en els tres eixos (X-----).
- **SUPORTS HORIZONTALS EN Z**: desplaçaments respecte els eixos Xgi Yg, girs en els tres eixos (--Z---).
- **RESSORTS o SUPORTS ELÀSTICS**: desplaçaments respecte els eixos Xg/Yg/Zg definits per les constants de rigidesa Kdx/Kdy/Kdz, girs respecte dits eixos definits per les constants de rigidesa Kgx/Kgy/Kgz. Es possible definir en un nus condicions de suport i ressorts, en diferents eixos.

Hom ha previst *ASSENTAMENTS* en nusos, tenint en compte per al càlcul de sol·licitacions els esforços produïts pel desplaçament de dits nusos.

Els codis expressats al final de cada tipus de suport, es recullen en diferents llistats del programa.

Eixos de càlcul

Es permet considerar com a eixos de càlcul o les barres que l'usuari defineixi (les línies que uneixen dos nusos) o l'eix físic (geomètric) de les seccions de les barres (veure LLISTAT D'OPCIONS).

En el primer cas, si es considera necessari, es podran introduir de forma manual en el càlcul els efectes que puguin produir la diferència de situació entre els eixos de càlcul i els eixos físics de les seccions transversals de les barres, mitjançant la introducció d'accions addicionals, forces i moments, o mitjançant la modelització dels nusos com elements amb dimensió.

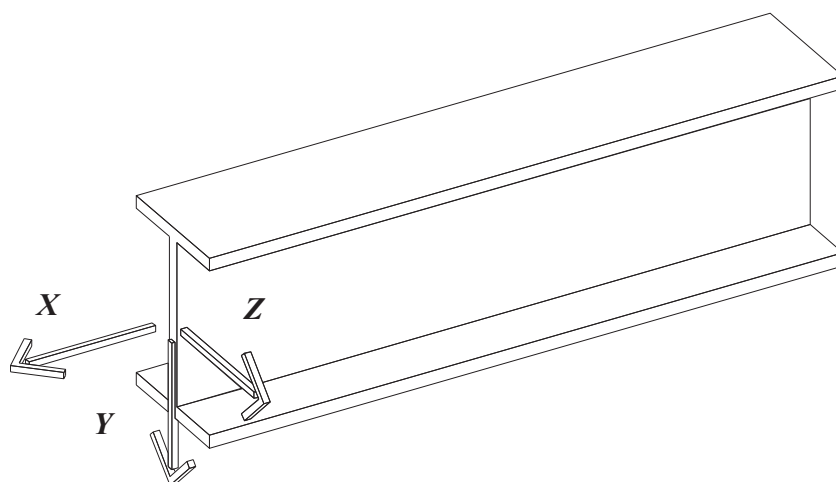
En el cas de considerar com a eixos de càlcul els eixos geomètrics de les peces, es poden utilitzar com a llum de les barres diferents criteris, entre els que es troba l'adoptat per la Instrucció EHE-08, la distància entre suports.

Barres i tirants

Existeix la possibilitat de treballar amb tirants, de forma que el programa consideri que les barres definides com a tals, sols absorbeixin esforços de tracció no aportant cap rigidesa quan es sotmetin a compressió. El càlcul dels tirants ha de fer-se en el càlcul en 2n ordre, ja que sols posteriorment a un càlcul en 1er ordre és possible detectar les combinacions en les que els tirants estan treballant a compressió, i llavors eliminar-los de la matriu de rigidesa de l'estructura, i tornar a calcular l'estructura. La llibertat de geometria per a definir les barres-tirant dins de l'estructura és total: poden unir-se nusos a distinta cota, façanes de naus, nusos en la mateixa planta, ... sense necessitat de formar requadres rectangulars arriostrats.

Criteri de signes dels llistats de sol·licitacions de barres

Els llistats de 'Sol·licitacions' i 'Per Seccions', que s'obtenen majorats, es realitzen segons els eixos principals de la secció en el nus inicial de cada barra (X_p , Y_p , Z_p). El nus inicial d'una barra és el de menor numeració. El criteri de signes utilitzat és el següent:



Eixos principals de la secció en el nus inicial de una barra

- **Axils (Fx).** Un valor negatiu indicarà compressió, mentre que un positiu, tracció.
- **Tallants Y (Vy).** Un valor positiu indicarà que la tensió de talladura d'una rebanada, a la cara que es veu des del nus inicial, té el mateix sentit que l'eix Yp.
- **Tallants Z (Vz).** Un valor positiu indicarà que la tensió de talladura d'una rebanada, en la cara que es veu des del nus inicial, té el mateix sentit que l'eix Zp.
- **Moments Flectors Y (My) (plànol de flexió perpendicular a l'eix Yp).** En el cas de bigues i diagonals de les quals el plànol de flexió (el perpendicular a Yp) no sigui horitzontal (és a dir, el seu eix Yp no és vertical), s'utilitza el següent criteri: els moments situats per sobre de la barra (la fibra traccionada és la superior) són negatius, mentre que els situats per sota (la fibra traccionada és la inferior) són positius.
En el cas de bigues i diagonals de les quals el plànol de flexió (el perpendicular a Yp) sigui horitzontal (el seu eix Yp és vertical), i en el cas de pilars, s'utilitza el següent criteri: els moments situats cap a l'eix Zp positiu són positius, mentre que els situats cap a l'eix Zp negatiu són negatius.
- **Moments Flectors Z (Mz) (plànol de flexió perpendicular a l'eix Zp).** En el cas de bigues i diagonals de les quals el plànol de flexió (el perpendicular a Zp) no sigui horitzontal (és a dir, el seu eix Zp no és horitzontal), s'utilitza el criteri: els moments situats per sobre de la barra (la fibra traccionada és la superior) són negatius, mentre que els situats per sota (la fibra traccionada és la inferior) són positius.
En el cas de bigues i diagonals de les quals el plànol de flexió (el perpendicular a Zp) sigui horitzontal (el seu eix Zp és horitzontal), i en el cas de pilars, s'utilitza el següent criteri: els moments situats cap a l'eix Yp positiu són positius, mentre que els situats cap a l'eix Yp negatiu són negatius.
- **Moments torsors (Mx).** El moment torsor serà positiu si, vista la secció des de l'eix Xp de la barra des del seu nus inicial, gira en el sentit de les agulles del rellotge.

CÀRREGUES

Hipòtesis de càrregues

Hipòtesis de càrregues contemplades:

- HIPÒTESI 0: CÀRREGUES PERMANENTS
- HIPÒTESIS 1 i 2, 7 i 8, 9 i 10.: SOBRECÀRREGUES ALTERNATIVES
- HIPÒTESIS 3, 4, 25 i 26: VENT.

Hom considera l'acció del vent sobre l'edifici segons quatre direccions perpendiculars. Dintre de cada direcció es té en compte que el vent actua en els dos sentits possibles, és a dir, en hipòtesis 3 i -3, 4 i -4, 25 i -25, i 26 i -26.

- HIPÒTESIS 5, 6 i 24: SISME.

Hom considera l'acció del sisme sobre l'edifici segons dues direccions horitzontals perpendiculars, una en hipòtesi 5 definida per un vector de direcció $[x,0,z]$ donada i una altra en hipòtesi 6 definida pel vector de direcció perpendicular a l'anterior. Dins de cada direcció es té en compte que el sisme actua en els dos sentits possibles, és a dir, en hipòtesis 5 i -5 i en hipòtesis 6 i -6. Si es selecciona norma NCSE, les direccions d'actuació del sisme són les dels eixos generals; opcionalment es poden considerar l'actuació del sisme vertical en hipòtesi 24 i -24 definida pel vector $[0,Yg,0]$.

Per a verificar els criteris considerats per determinar l'acció del sisme (segons NTE-ECS i NBE-PDS1/74 o segons NCSE-94 o NCSE-02): veure LLISTAT D'OPCIONES.

- HIPÒTESIS 11 a 20: CÀRREGUES MÒBILS.
- HIPÒTESI 21: TEMPERATURA.

- HIPÒTESI 22: NEU.
- HIPÒTESI 23: CÀRREGA ACCIDENTAL.

Per verificar els coeficients de majoració de càrregues aplicats a cada hipòtesi de càrrega: veure LLISTAT D'OPCIONES.

Regles de combinació entre hipòtesis

- HIPÒTESI 0: CÀRREGUES PERMANENTS

Totes les combinacions realitzades consideren les càrregues introduïdes en hipòtesi 0.

- HIPÒTESIS 1 i 2, 7 i 8, 9 i 10: SOBRECÀRREGUES ALTERNATIVES

Es combinen les càrregues introduïdes en hipòtesis 1 i 2, 7 i 8, 9 i 10 de forma separada i conjunta. Mai no es realitzen combinacions de càrregues introduïdes en hip. 1 i 2 amb càrregues introduïdes en hip. 7 i 8, o càrregues introduïdes en hip. 7 i 8 amb càrregues en hip. 9 i 10.

- HIPÒTESIS 3, 4, 25 i 26: VENT

Mai no es considera l'acció simultània de les càrregues introduïdes en hip. 3, 4, 25 i 26.

- HIPÒTESIS 5, 6 i 24: SISME

Mai no es considera l'actuació de forma conjunta de les càrregues introduïdes en hip. 5 i 6 (només si s'activa l'opció "considerar la regla del 30%"), ni d'aquestes amb l'hipòtesi 24, sisme vertical.

- HIPÒTESIS 11 A 20: CÀRREGUES MÒBILS

No es realitza cap combinació en la qual aparegui l'acció simultània de les càrregues introduïdes en aquestes hipòtesis.

- HIPÒTESI 21: TEMPERATURA

Les càrregues d'aquesta hipòtesi es combinen amb les introduïdes en hip. 23. No es combinen amb les que s'introdueixen en hipòtesis de vent i sisme.

- HIPÒTESI 22: NEU

Les càrregues d'aquesta hipòtesi no es combinen amb les introduïdes en hip. 23. Tampoc es combinen amb les que s'introdueixen en hipòtesis de vent i sisme.

- HIPÒTESI 23: CÀRREGA ACCIDENTAL

Les càrregues d'aquesta hipòtesi no es combinen amb les introduïdes en hipòtesis 21 i 22. Tampoc es combinen amb les que s'introdueixen en hipòtesis de vent i sisme.

Els coeficients de combinació entre hipòtesis aplicats venen definits en el LLISTAT D'OPCIONES. També és possible obtenir el llistat de les combinacions realitzades en una estructura, material i estat límit concrets.

Les combinacions d'hipòtesi efectuades de forma automàtica pel programa, es desglossen a l'apartat corresponent a cada normativa i material.

Opcions

S'han utilitzat les opcions de càrregues recollides en el llistat d'OPCIONES que acompanya a la estructura, en particular les relatives a:

- Consideració o no automàtica del pes propi de les barres de la estructura.
- Consideració de les càrregues introduïdes a l'hipòtesi 3, 4, 25 i 26 (Vent ACTIU), i en les hipòtesis 5, 6 i 24 (Sisme ACTIU).
- Sentit positiu i negatiu(\pm) considerat en les hipòtesis 3, 4, 25, 26, 5, 6 i 24.

Mètode de càlcul sísmic segons la Norma NCSE-94 i NCSE-02.

El càlcul de les càrregues sísmiques es realitza mitjançant una anàlisi modal espectral de l'estructura, mètode proposat com a preferent per la Norma NCSE-94 i NCSE-02 (Art.3.6.2.).

Tricalc introdueix en l'estructura, sobre cada pla horitzontal on hi hagi un forjat unidireccional, reticular o llosa massissa, dues càrregues puntuals (segons les dues direccions dels eixos horitzontals generals X e Y) aplicades a una distància (excentricitat definida per la norma) del centre de masses del pla, i dos moments com a resultat de situar aquestes càrregues en el nus de major numeració del pla per a que coincideixin amb un nus de l'estructura.

En el cas de forjats unidireccionals les càrregues són del tipus 'Puntual en Nus' i 'Moment en Nus'. En el cas de forjats reticulars i de llosa les càrregues són del tipus 'Puntual en Plà' i 'Moment en Plà'. Sobre cadascun dels nusos on no hi sigui el forjat horitzontal s'introdueix les dues càrregues puntuals horitzontals segons els eixos X i Z. Si existeix sisme vertical, s'afegeix una tercera càrrega puntual a la direcció del eix Y.

Si s'han definit forjats horitzontals, en el càlcul de les càrregues sísmiques per el mètode dinàmic es considera com hipòtesis la indeformabilitat dels forjats horitzontals en el seu plànol. Es defineix com "grup" el conjunt de nusos d'una estructura inclosos dintre del perímetre d'un forjat unidireccional, reticular o de llosa horitzontals. Tots els nusos inclosos en un mateix "grup" tenen relacionats els seus graus de llibertat corresponents als desplaçaments en els eixos Xg y Zg, i al gir en l'eix Yg.

Anàlisi Modal Espectral

L'anàlisi modal espectral, considerada de tipus 'dinàmic', consta, fonamentalment, dels següents passos:

- Obtenció, per a cada direcció de sisme a considerar, dels valors i vectors propis del sistema d'equacions

$$\left[[K] - \omega^2 [M] \right] \cdot \{ \Phi \} = 0$$

on

K: Matriu de rigidesa en la direcció considerada

w : Freqüència angular d'excitació (arrel quadrada del valor propi)

M: Matriu de massa de l'estructura

Φ: Vector propi

- Obtenció, per a cada mode de vibració i cada direcció, de l'acceleració imposada a cada punt de l'estructura, utilitzant per això una funció de "resposta espectral".
- A partir de l'acceleració característica i del vector propi de cada mode s'obté una força a aplicar a cada nus, en la mateixa direcció que la direcció de sisme. Donat que l'edifici vibra a la vegada en tots els seus nusos, es necessari sumar els efectes combinats de tots ells. Es la denominada 'superposició modal espectral'.
- Combinació, per a cada direcció, dels desplaçaments, girs i esforços obtinguts en els diferents modes de vibració per obtenir els desplaçaments, girs i sollicitacions ponderats de cada direcció de sisme.

Direccions de sisme considerades

Tricalc considera, com a direccions de sisme, les dels eixos generals (X+,X-, Z+, Z-, Y+ i Y). Aquestes direccions corresponen a les hipòtesis del programa 5, 6 i 24, respectivament. Ja que no es pot predir la direcció en la que es situa l'epicentre d'un terratrèmol respecte l'edifici, es suficient considerar dues direccions horitzontals de sisme independents i ortogonals entre sí.

Als efectes de considerar l'acció del sisme d'una direcció a l'altre, és possible utilitzar un coeficient de majoració de les accions sísmiques incrementant en el factor 1.12, o utilitzar la regla del 30 % (vegi el LLISTAT D'OPCIONES).

La consideració del sisme vertical (Y+, Y-) es opcional (veure LLISTAT D'OPCIONS).

Modelització i graus de llibertat

Per a la correcta avaluació de l'acció sísmica, és necessari que l'estructura es trobi predimensionada i amb totes les càrregues introduïdes.

Als efectes d'avaluació de càrregues sísmiques, l'estructura es modelitza com un conjunt de barres amb les masses concentrades en els nusos. Aquesta modelització és acceptable per a la majoria de les situacions, encara que en alguns casos (sisme vertical d'una gran biga carregada uniformement, per exemple) no és correcte traslladar les càrregues als nusos. Es consideren solament nusos situats sobre la rasant de la qual, el moviment en la direcció d'estudi no estigui coaccionat mitjançant un recolzament. És a dir, es considera que tota l'estructura sota la rasant es mou solidàriament amb el terreny durant el sisme.

La modelització de l'estructura es pot realitzar separatament per a cada direcció d'estudi o bé globalment (veure el LLISTAT D'OPCIONS).

És opcional (veure el LLISTAT D'OPCIONS) la consideració del gir al voltant d'un eix vertical com a grau de llibertat. En aquest cas, es considera que els nusos situats en un forjat horitzontal indeformable roten al voltant del centre de rigideses del susdit forjat, mentre que la resta ho fan sobre sí mateixos.

També és opcional (veure LLISTAT D'OPCIONS) considerar el gir al voltant dels eixos X i Z generals (opció 'SENSE CONDENSACIÓ') o no (opció 'AMB CONDENSACIÓ').

Es realitza el càlcul condensant els graus de llibertat dels forjats horitzontals (unidireccionals, reticulars o lloses) de l'estructura, la qual cosa equival a considerar els forjats horitzontals infinitament rígids en el seu pla. Els forjats tindran un únic grau de llibertat en les direccions horitzontals del sisme i en el gir al voltant de l'eix Yg.

El terreny es considera un sòlid rígid, la qual cosa, en general, està del costat de la seguretat. Per que aquesta simplificació sigui correcta, s'han d'evitar estructures, la dimensió en planta de les quals, superi la de la longitud de les ondes sísmiques, de l'ordre de 100 metres.

Matriu de massa considerada: massa traslacional i massa rotacional

Tricalc calcula la matriu de massa, matriu diagonal en la que les masses de cada nus, grau de llibertat, es situen en la diagonal.

Els graus de llibertat traslacional (2 desplaçaments horitzontals més, opcionalment, un desplaçament vertical) estan associats a masses traslacional. Per al càlcul de les esmentades masses traslacional, es considera la component vertical de les càrregues equivalents aplicades en els nusos. Tenen per tant unitats de massa.

És opcional (veure LLISTAT D'OPCIONS) la consideració d'un grau de llibertat rotacional (rotació al voltant de l'eix vertical). Aquest grau de llibertat està associat a masses rotacionals. Per al càlcul de dites masses rotacionals, es considera la component vertical de les càrregues equivalents aplicades en els nusos multiplicada per la distància al quadrat entre el punt d'aplicació de la càrrega i la posició de l'eix de rotació considerat. Tenen per tant unitats de massa per distància al quadrat.

En tot cas, ambdós tipus de massa són multiplicats pels següents coeficients:

$$0 + \alpha \cdot [\max.(1+2, 7+8, 9+10) + (11+12+\dots+20)/NMov] + \beta \cdot 21$$

on

- '0' és l'hipòtesi de càrrega permanent.
- '1+2', '7+8' i '9+10' són les parelles de càrregues alternatives (sobrecàrregues d'ús i tabiqueria).
- '11' a '20' són les hipòtesis de càrregues mòbils (ponts grua, per exemple).
- '21' és l'hipòtesi de càrrega de neu.

| | |
|--------------|--|
| ' α ' | és un factor, entre 0,3 y 0,6 (NCSE-94) o 0,5 y 0,6 (NCSE-02), en funció de l'ús de l'edifici. |
| ' β ' | és 1,0 ó 0,3 (NCSE-94), 0,5 ó 0,0 (NCSE-02) en funció del temps de permanència de la neu (n° de dies / any). |
| 'NMov' | és el nombre de càrregues mòbils actives. |

Obtenció dels valors i vectors propis.

El programa calcula, per a cada direcció de forma separada o conjuntament per a tots els graus de llibertat considerats, els valors i vectors propis resultants del sistema d'equacions:

$$[[K] - \omega^2 [M]] \cdot \{\Phi\} = 0$$

Els valors propis, els valors de ω per als que el sistema té una solució no trivial, representen les freqüències angulars de vibració pròpies de l'estructura, en la direcció considerada (freqüències naturals). En una estructura existeixen tants modes de vibració com graus de llibertat. Si bé la norma NCSE obliga a considerar tres modes de vibració en cada direcció quan l'estudi es realitza de forma separada en cada direcció, i quatre globals quan l'estudi es realitza de mode global, Tricalc emmagatzema i utilitza els 30 primers modes de vibració, corresponents als 30 primers períodes de vibració, ordenats de major a menor. D'aquests fins a 30 modes, es poden indicar quants es desitja utilitzar per a l'obtenció d'esforços. Els períodes de vibració vénen donats per l'expressió.

$$T = \frac{2 \cdot \pi}{\omega}$$

Obtenció de la massa participant de cada mode

El tant per cent de massa participant, Mpd , en el mode de vibració ' k ' i la direcció ' d ', ve donat per l'expressió:

$$\%Mpd = \frac{\left(\sum_{i=1}^n M_{d,i} \cdot \Phi_{d,k,i} \right)^2}{\sum_{i=1}^n M_i \cdot \Phi_{k,i}^2} \cdot \frac{100}{\sum_{i=1}^n M_{d,i}}$$

$$\sum_{i=1}^n M_i \cdot \Phi_{k,i}^2 = \sum_{i=1}^n M_{x,i} \cdot \Phi_{x,k,i}^2 + \sum_{i=1}^n M_{y,i} \cdot \Phi_{y,k,i}^2 + \sum_{i=1}^n M_{z,i} \cdot \Phi_{z,k,i}^2 + \sum_{i=1}^n M_{yy,i} \cdot \Phi_{yy,k,i}^2 = 1.0$$

essent:

| | |
|----------------|--|
| n: | Nombre de graus de llibertat. |
| $M_{x,i}$: | Massa traslacional en la direcció ' x ' del grau de llibertat ' i '. |
| $M_{yy,i}$: | Massa rotacional sobre l'eix vertical ' y ' del grau de llibertat ' i '. |
| $F_{x,k,i}$: | Component del vector propi corresponent a la translació ' x ', mode de vibració ' k ' i grau de llibertat ' i '. |
| $F_{yy,k,i}$: | Component del vector propi corresponent a la rotació ' y ', mode de vibració ' k ' i grau de llibertat ' i '. |

Obtenció de l'acceleració característica

L'acceleració lineal característica d'un determinat període de vibració es calcula mitjançant una expressió funció del període propi de vibració, de la zona sísmica, del tipus de terreny i de l'amortiguació i ductilitat considerades. Per a això es solen utilitzar gràfics de resposta espectral normalitzats per a una acceleració del terreny d'1g (9.806 m/s²), en els que en eix X es situa el període de vibració natural de l'edifici, i en eix Y s'obté l'acceleració característica.

En la Norma NCSE els espectres de resposta estan normalitzats per a una acceleració del terreny d'1 m/s².

Acceleració rotacional

Tricalc permet considerar, de forma opcional (veure LLISTAT D' OPCIONS), accions sísmiques rotacionals: és a dir, que el terreny, a més de desplaçar-se horitzontal i verticalment, pot rotar durant un sisme. Per a això, és necessari disposar de les acceleracions angulars produïdes per un sisme, per exemple mitjançant gràfiques de resposta espectral en les que en abscisses s'entri per períodes o freqüències naturals i en ordenades s'obtinguin acceleracions angulars (rad / s²). Donat que dits espectres no estan actualment disponibles (estan fora de l'abast de l'actual ciència sismològica), Tricalc permet introduir un factor que multiplicat per l'acceleració lineal produïda en cada mode de vibració, obté l'acceleració angular corresponent.

Zones sísmiques.

La norma NCSE determina la situació d'un edifici per dos valors: l'acceleració sísmica bàsica i el coeficient de contribució.

L'acceleració sísmica bàsica és l'acceleració horitzontal patida pel terreny en un terratrèmol amb un període de retorn de 500 anys. Els seus valors, a Espanya, es situen entre 0 i 0,25·g, essent 'g' l'acceleració de la gravetat.

L'acceleració sísmica de càlcul és l'acceleració amb la que s'ha de calcular l'estructura. En NCSE-94 ve donada per un factor, entre 1,0 y 1,3, que multiplica l'acceleració sísmica bàsica en funció de la importància de l'edificació. Dita importància es determina mitjançant el període de vida estimat, 50 anys per a edificis de normal importància i 100 anys per a edificis d'especial importància. A NCSE-02 ve també afectat per un coeficient S d'amplificació del sòl.

El coeficient de contribució, K, té en compte la distinta contribució a la perillositat sísmica en cada punt d'Espanya, de la sismicitat de la Península i de la proximitat a la falla Açores - Gibraltar. Els seus valors es situen entre 1,0, per a tot el territori nacional llevat d'Andalusia occidental i sud-oest d'Extremadura, i 1,5.

Combinació dels diferents modes de vibració

Donat que l'edifici vibra a la vegada en tots els seus modes, és necessari sumar els efectes combinats de tots ells. És el que es denomina 'superposició modal espectral'.

Tricalc utilitza la 'Combinació Quadràtica Complerta', tal com indica la norma NCSE-94.(A NCSE-02 s'indica el mètode de l'Arrel Quadrada de la Suma de Quadrats modificat, que el programa no utilitza.) Per a cada nus o barra, l'efecte ponderat 'S', que pot ser el desplaçament, la velocitat, l'acceleració o un esforç, ve donat per l'expressió:

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^r |S_i| \cdot |S_j| \cdot \pi_{ij}}$$
$$\pi_{ij} \equiv \pi_{ji} = \frac{8 \cdot v^2 \cdot (1 + f) \cdot f^{3/2}}{(1 - f^2)^2 + 4 \cdot v^2 \cdot f \cdot (1 + f)^2} ; \quad f = \frac{\omega_i}{\omega_j}$$

essent:

r: nombre de modes de vibració..

v: coeficient d' amortiguació, en tants per 1.

w: freqüència angular, de manera que f sigui menor o igual a la unitat.

Tricalc permet a més indicar quants modes de vibració es desitgen considerar en aquesta combinació.

Consideració dels efectes combinats de les direccions d'estudi.

Donat que es coneix 'a priori' la direcció del sisme més desfavorable, no n'hi ha prou amb estudiar de forma independent els efectes de l'acció sísmica en dues direccions ortogonals. La norma espanyola NCSE solament indica que, en el cas de calcular els modes de vibració de forma separada per a cada direcció, s'ha de sumar al pèssim esforç degut a una direcció el 30% del pèssim esforç de la direcció ortogonal. És la denominada, en la bibliografia clàssica, 'regla del 30%', que no és utilitzada pel programa. La bibliografia actual, considera més precís multiplicar els efectes de cada direcció horitzontal per un factor de 1,12. Per a considerar aquest factor en el programa, n'hi ha prou amb introduir, com a coeficients de majoració de les hipòtesis horitzontals de sisme ('5' y '6'), un valor de 1,12 en lloc de 1,0 com es sol definir (veure el LLISTAT D'OPCIONES).

Centre de masses i centre de rigideses

L' aplicació de les forces horitzontals obtingudes en el centre de masses de cada grup o forjat, provoca una torsió en cada forjat, si no coincideixen els centres de massa i de rigidesa del grup. En tot cas, sempre s'ha de considerar (encara que a Tricalc és opcional) una excentricitat accidental, de valor segons la normativa aplicada.

La norma NCSE considera a més, una excentricitat addicional d' un 1/20 de la màxima dimensió del pla, amidat ortogonalment a la direcció de sisme considerada.

Si s'ha habilitat la consideració de la massa rotacional, i s'ha definit una determinada acceleració rotacional (angular), es produeixen també unes rotacions addicionals degudes a elles.

Càlcul d'esforços.

Un cop obtingudes las forces estàtiques equivalents a l' acció sísmica, en les hipòtesis '5' (direcció X+, X-), '6' (direcció Z+, Z-) i '24' (eix vertical Y+, Y-) i en cada mode de vibració, es pot procedir al càlcul d' esforços en la forma habitual.

El programa obté així els desplaçaments, girs i esforços de cada mode de vibració i direcció, combinant-se posteriorment, en cada hipòtesi de sisme, mitjançant la 'combinació quadràtica complerta'. Per exemple: per obtenir el moment flector M_z de la hipòtesi '5' en una determinada secció, s'obtenen els moments M_z produïts pels modes de vibració de dita hipòtesi i es combinen aplicant la 'combinació quadràtica complerta'.

SECCIONS

Definició de les característiques geomètriques i mecàniques dels perfils

Cantell H

Es el valor de la dimensió del perfil en el sentit paral·lel al seu eix Y principal, en mm.

Ample B

Es el valor de la dimensió del perfil en el sentit paral·lel al seu eix Z principal, en mm.

Àrea Ax

Es el valor de l'àrea de la secció transversal d'un perfil d'acer, en cm², corresponent al valor A en la taula "B.1 Perfils IPN" de la norma EA-95 (Cap.2). En una secció rectangular ve donada per l'expressió:

$$A_x = B \cdot H$$

Àrea Ay

Es l'àrea a considerar en el càlcul de les tensions tangencials paral·leles a l'eix Y principal de la secció transversal d'un perfil d'acer, en cm². El seu valor es calcula amb l'expressió:

$$A_y = \frac{I_z \cdot e}{S_z}$$

essent

Iz: Inèrcia segons l'eix z.

e: Gruix del perfil en el punt en el que es produirà la màxima tensió tangencial deguda al tallant Fy.

Sz: Moment estàtic d'una secció corresponent entre la fibra, paral·lela a l'eix Z principal, exterior i el punt on es produirà la màxima tensió tangencial deguda al tallant respecte l'eix paral·lel a l'eix Z principal que passi pel centre de gravetat de la secció. En la taula "B.1 Perfils IPN" de la norma EA-95 (Cap.2) correspon al valor Sx.

El valor d'Ay correspon aproximadament a l'àrea de l'ànima en els perfils en forma d'I. En una secció rectangular ve donada per l'expressió:

$$A_y = \frac{2}{3} \cdot B \cdot H$$

Àrea Az

Es l'àrea a considerar en el càlcul de les tensions tangencials paral·leles a l'eix Z principal de la secció transversal d'un perfil d'acer, en cm². El seu valor es calcula amb l'expressió:

$$A_z = \frac{I_y \cdot e}{S_y}$$

essent

Iy: Inèrcia segons l'eix y.

e: Gruix del perfil en el punt en el que es produirà la màxima tensió tangencial deguda al tallant Fz.

Sy: Moment estàtic d'una secció corresponent entre la fibra exterior i el punt on es produirà la màxima tensió tangencial.

El valor d'Az correspon aproximadament a l'àrea de les ales en els perfils en forma d'I. En una secció rectangular té el mateix valor que Ay.

Moment d'inèrcia Ix

Moment d'inèrcia a torsió, en cm⁴. El moment d'inèrcia a torsió d'una secció rectangular ve donat per l'expressió:

$$I_x = \left[\frac{1}{3} - 0,21 \cdot \frac{B}{H} \cdot \left(1 - \frac{B^4}{12 \cdot H^4} \right) \right] \cdot H \cdot B^3$$

essent $H \geq B$

En les seccions en T es té en compte el que s'indica en la taula A3-1 de la norma EA-95 (Cap.3), que reflexa que l'inèrcia a torsió d'una peça formada per dos rectangles (d'inèrcies a torsió I_{x1} e I_{x2}) en forma de T ve donada per l'expressió:

$$I_x = 1,1 \cdot (I_{x1} + I_{x2})$$

Moment d'inèrcia I_y

Moment d'inèrcia de la secció respecte un eix paral·lel a l'eix Y principal que passi pel seu centre de gravetat, en cm⁴. El seu valor per a una secció rectangular ve donat per l'expressió:

$$I_y = \frac{H \cdot B^3}{12}$$

Moment d'inèrcia I_z

Moment d'inèrcia de la secció respecte un eix paral·lel a l'eix Z principal que passi pel seu centre de gravetat, en cm⁴. El seu valor per a una secció rectangular ve donat per l'expressió:

$$I_z = \frac{B \cdot H^3}{12}$$

Mòdul resistent W_t

Mòdul resistent a torsió en cm³ d'una secció d'acer. Es la relació existent entre el moment torsiu i la tensió tangencial màxima produïda per ell. Per a una secció oberta formada per varis rectangles ve donat per l'expressió (Taula A3-1 de la norma EA-95(Cap. 3)):

$$W_t = \frac{I_x}{e_i}$$

essent

I_x : Inèrcia a torsió de la secció.

e_i : Gruix del rectangle de major gruix.

Mòdul Resistent Elàstic $W_{Y,el}$

És el mòdul resistent a la flexió segons un plànol ortogonal a l'eix Y principal d'una secció d'acer, en cm³, que es calcula a partir del moment d'inèrcia I_y . En seccions simètriques respecte a un plànol paral·lel a l'eix Y principal de la barra, ve donat per l'expressió:

$$W_{Y,el} = \frac{I_y}{B/2}$$

El seu valor per una secció rectangular ve donat per l'expressió:

$$W_{Y,el} = H \cdot \frac{B^2}{6}$$

Mòdul Resistent Elàstic $W_{Z,el}$

És el mòdul resistent a la flexió segons un plànol ortogonal a l'eix Z principal d'una secció d'acer, en cm^3 , que es calcula a partir del moment d'inèrcia I_z . En seccions simètriques respecte a un plànol paral·lel a l'eix Z principal de la barra, ve donat per l'expressió:

$$W_{Z,el} = \frac{I_z}{H/2}$$

El seu valor per una secció rectangular ve donat per l'expressió:

$$W_{Z,el} = B \cdot \frac{H^2}{6}$$

Mòdul Resistent Plàstic $W_{Y,pl}$

És el mòdul resistent a la flexió plàstica segons un plànol ortogonal a l'eix Y principal d'una secció d'acer, en cm^3 , que es calcula suposant totes les fibres de la secció treballant al límit elàstic.

El seu valor per una secció rectangular ve donat per l'expressió:

$$W_{Y,pl} = H \cdot \frac{B^2}{4}$$

Mòdul Resistent Plàstic $W_{Z,pl}$

És el mòdul resistent a la flexió segons un plànol ortogonal a l'eix Y principal d'una secció d'acer, en cm^3 , que es calcula suposant totes les fibres de la secció treballant al límit elàstic.

El seu valor per una secció rectangular ve donat per l'expressió:

$$W_{Z,pl} = B \cdot \frac{H^2}{4}$$

Pes P

Es el pes propi de la barra en Kg/ml.

Seccions d'inèrcia variable: carteles

El programa permet l'introducció de seccions d'inèrcia variable (carteles) d'acer o fusta (però no de formigó). Les carteles només podran definir-se sobre barres a les que prèviament s'hagin assignat un perfil amb les següents característiques: Han de ser en forma de 'I' i de material 'Acer' o 'Fusta', o en forma rectangular i de material 'Fusta'. Les carteles poden definir-se exclusivament en el plànol Y principal, és a dir, en el plànol de l'ànima.

Es possible definir quatre tipus de seccions d'inèrcia variable:

- **Tall oblic del perfil.** Consisteix en tallar obliquament l'ànima del perfil i soldar la secció donant la volta a un dels mitjos perfils. Es equivalent a allargar o escurçar l'ànima del perfil. Per què el perfil sigui vàlid, el cantell total del perfil acartelat ha d'ésser al menys 3 vegades el gruix de l'ala.

- **Cartabons.** Consisteix en soldar d'una a tres peces rectangulars o trapezoïdals perpendicularment a una de les ales d'un perfil base, essent totes les peces del mateix gruix. Per què la selecció sigui vàlida, el cantell del perfil més l'alçada de la cartela ha d'ésser al menys el del perfil de la base, i la suma dels gruixos dels cartabons no ha de superar l'ample del perfil base.
- **Semiperfil.** Consisteix en soldar a un perfil base un altre perfil en forma de 'T' extret d'un perfil idèntic al base. Perquè la selecció resultant sigui vàlida, el cantell del perfil acartelat ha d'ésser al menys el del perfil base.
- **Palastres.** Consisteix en soldar a un perfil base un perfil en forma de 'T' extret y d'un perfil idèntic al base. Perquè la selecció resultant sigui vàlida, el cantell del perfil acartelat ha d'ésser al menys el del perfil base.

Per realitzar el càlcul d'esforços i el càlcul dels modes de vibració dinàmics, Tricalc divideix les barres de secció variable en un nombre determinat de barres de secció constant. A la barra de secció variable completa se la denominarà en aquesta memòria 'Cartela primària', mentre que a cadascuna de les barres de secció constant en las que es divideix la cartela primària se les denominarà 'Carteles secundàries'.

CÀLCUL DE SOL·LICITACIONS

El càlcul de les sol·licitacions ha estat realitzat mitjançant el mètode matricial espacial de la rigidesa, suposant una relació lineal entre esforços i deformacions en les barres i considerant els sis graus de llibertat possibles de cada nus. A títol indicatiu, es mostra a continuació la matriu de rigidesa d'una barra, on es poden veure les característiques dels perfils utilitzats per al càlcul d'esforços:

$$\begin{array}{cccccc}
 \frac{E \cdot A_x}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & \frac{12 \cdot E \cdot I_z}{L^3} & 0 & 0 & 0 & \frac{-6 \cdot E \cdot I_z}{L^2} \\
 0 & 0 & \frac{12 \cdot E \cdot I_y}{L^3} & 0 & \frac{6 \cdot E \cdot I_y}{L^2} & 0 \\
 0 & 0 & 0 & \frac{G \cdot I_x}{L} & 0 & 0 \\
 0 & 0 & \frac{6 \cdot E \cdot I_y}{L^2} & 0 & \frac{4 \cdot E \cdot I_y}{L} & 0 \\
 0 & \frac{-6 \cdot E \cdot I_z}{L^2} & 0 & 0 & 0 & \frac{4 \cdot E \cdot I_z}{L}
 \end{array}$$

on E és el mòdul de deformació longitudinal i G és el mòdul de deformació transversal calculat en funció del coeficient de Poisson i de E. Els seus valors es prenen de la base de perfils corresponent a cada barra.

Es possible reduir l'escurçament per axil dels pilars mitjançant l'introducció d'un factor multiplicador del terme $E \cdot A_x / L$ de la matriu anterior, com es recull en el LLISTAT DE DADES DE CALCUL.

Es possible considerar l'opció d'indeforabilitat de forjats horitzontals en el seu plànol, com es recull en el LLISTAT DE DADES DE CALCUL. Al seleccionar aquesta opció, tots els nusos situats dins del perímetre de cada forjat horitzontal, unidireccional, reticular o llosa, queden englobats en 'grups' (un per cada forjat), als que individualment s'assignen 3 graus de llibertat. El desplaçament vertical -Dy- i els girs segons els eixos horitzontals -Gx i Gz-. Els altres tres graus de llibertat (Dx, Dz i Gy) es suposen comptabilitzats entre tots els nusos del 'grup'. Als nusos que no pertanyen a un forjat horitzontal, ja sigui per estar independents o per estar en plànols inclinats, se'ls hi assignen 6 graus de llibertat.

Es possible considerar el tamany del pilar en els forjats reticulars i lloses, tal com es recull en el LLISTAT DE DADES DE CALCUL. Al seleccionar aquesta opció, es considera que la part de forjat o llosa situada sobre el pilar (considerant per això l'exacta dimensió del pilar i la seva posició o creixement) és infinitament rígida. Tots els nusos situats a l'interior del perímetre del pilar comparteixen, per tant, els 6 graus de llibertat (D_x , D_y , D_z , G_x , G_y , G_z). Això fa que a l'interior d'aquesta porció de forjat, no existeixin esforços, i per tant, els nervis i les bigues que escometen al pilar s'armen amb els esforços existents a la cara del pilar.

En base a aquest mètode s'ha plantejat i resolt el sistema d'equacions o matriu de rigidesa de l'estructura, determinant els desplaçaments dels nusos per l'actuació del conjunt de les càrregues, per posteriorment obtenir els esforços en els nusos en funció dels desplaçaments calculats.

En el cas de que l'estructura es calculi sota els efectes de les accions sísmiques definides per la Norma NCSE es realitza el càlcul de l'estructura mitjançant el mètode de l'"Anàlisi Modal Espectral", recomanat per la mateixa. D'aquesta forma poden obtenir-se els modes i períodes de vibració propis de l'estructura, dades que poden ésser utilitzades per a la combinació de l'estructura amb càrregues harmòniques i la possibilitat d'entrada en ressonància de la mateixa.

Principis fonamentals del càlcul matricial.

El programa Tricalc realitza el càlcul d'esforços utilitzant com a mètode de càlcul, el mètode matricial de la rigidesa. En aquest mètode, es calculen els desplaçaments i girs de tots els nusos de l'estructura, (cada nus té sis graus de llibertat: els desplaçaments i girs sobre tres eixos generals de l'espai, a menys que s'opti per la opció d'indeforabilitat dels forjats horitzontals en el seu plànol o la consideració del tamany del pilar en forjats reticulars i lloses), i en funció d'ells s'obtenen els esforços (axils, tallants, moment torsor i flectors) de cada secció.

Per a la validesa d'aquest mètode, les estructures a calcular han de complir o s'ha de suposar el compliment dels següents supòsits:

Teoria de les petites deformacions: 1er i 2on ordre

Es suposa que la geometria d'una estructura no canvia apreciablement sota l'aplicació de les càrregues. Aquest principi és en general vàlid, llevat dels casos en els que la deformació és excessiva (ponts penjants, arcs esveltos). Si es realitza un càlcul en 1er ordre, implica a més, que es menyspreen els esforços produïts pels desplaçaments de les càrregues originats al desplaçar-se l'estructura. Si es realitza un càlcul en 2n ordre, es consideren els esforços originats per les càrregues al desplaçar-se l'estructura, sempre dins de la teoria de les petites deformacions que implica que les longituds dels elements es mantenen constants.

Aquest mateix principi estableix que es menyspreen els canvis de longitud entre els extrems d'una barra deguts a la curvatura de la mateixa o a desplaçaments produïts en una direcció ortogonal a la seva directriu, tant en un càlcul en 1er ordre com en 2n ordre.

Hi ha altres mètodes tals com la teoria de les grans deflexions que sí recullen aquests casos, que no són contemplats a Tricalc.

En el càlcul en 2n ordre es permeten seleccionar les combinacions a considerar, pel criteri de màxim desplaçament i pel criteri de màxim axil, o també és possible la realització del càlcul en 2n ordre per a totes les combinacions.

Linealitat

Aquest principi suposa que la relació tensió -deformació, i per tant, la relació càrrega deflexió, és constant, tant en 1er ordre com en 2n ordre. Això és generalment vàlid en els materials elàstics, però s'ha de garantir que el material no arriba al punt de fluència en cap de les seves seccions.

Superposició

Aquest principi estableix que la seqüència d'aplicació de les càrregues no altera els resultats finals. Com a conseqüència d'aquest principi, és vàlid l'ús de les "forces equivalents als nusos" calculades a partir de les càrregues existents en les barres; això és, pel càlcul dels desplaçaments i girs dels nusos es substitueixen les càrregues existents a les barres per les seves càrregues existents a les barres per les seves càrregues equivalents aplicades als nusos.

Equilibri

La condició d'equilibri estàtic estableix que la suma de totes les forces externes que actuen sobre l'estructura, més les reaccions, serà igual a zero. Així mateix, han d'estar en equilibri tots els nusos i totes les barres de l'estructura, per la qual cosa la suma de forces i moments interns i externs en tots els nusos de l'estructura ha de ser igual a zero.

Compatibilitat

Aquest principi suposa que la deformació i conseqüentment el desplaçament, de qualsevol punt de l'estructura és continu i té un sol valor.

Condicions de contorn

Per poder calcular una estructura, s'han d'imposar una sèrie de condicions de contorn. TRICALC permet definir en qualsevol nus restriccions absolutes (suports i encastaments) o relatives (ressorts) al desplaçament i al gir en els tres eixos generals de l'estructura, així com desplaçaments imposats (assentaments).

Unicitat de les solucions

Per a un conjunt donat de càrregues externes, tant la forma deformada de l'estructura i les forces internes així com les reaccions té un valor únic.

Desplom i imperfeccions inicials

Existeix la possibilitat de considerar els efectes de les imperfeccions inicials globals degudes a les desviacions geomètriques de fabricació i de construcció de l'estructura. Tant la Norma **CTE DB SE-A** en el seu article **5.4.1 Imperfeccions geomètriques** com l'**Eurocodi 3** en el seu article **5.3.2 Imperfections for global analysis of frames**, citen la necessitat de tenir en compte aquestes imperfeccions. Aquests valors són els següents:

- $L/200$ si hi ha dos suports i una alçada.
- $L/400$ si hi ha 4 o més suports i 3 o més alçades.
- $L/300$ per a situacions intermedies.

A més es defineixen uns valors de deformació (e_0) per a les imperfeccions locals degudes als esforços de compressió sobre els pilars. Aquests valors venen donats per la taula 5.8 de la norma CTE.

COMPROVACIÓ DE SECCIONS D'ACER

Al programa és possible definir si es desitja utilitzar el CTE DB ES-A ("Codi Tècnic de l'Edificació. Document Bàsic. Seguretat Estructural. Acer") o l'EAE ("Instrucció Espanyola d'Acer Estructural"). En el Llistat i Informe de Dades de Càlcul s'indica la normativa seleccionada.

Criteris de comprovació

S'han seguit els criteris indicats en CTE DB SE-A o EAE per realitzar la comprovació de l'estructura, en base al mètode dels estats límits.

Tipus de seccions

Es defineixen les següents classes de seccions:

| Classe | Tipus | Descripció |
|--------|-------------------------|--|
| 1 | Plàstica | Permeten la formació de la ròtula plàstica amb la capacitat de rotació suficient per la redistribució de moments. |
| 2 | Compacta | Permeten el desenvolupament del moment plàstic amb una capacitat de rotació limitada. |
| 3 | Semicompacta o Elàstica | En la fibra més comprimida es pot assolir el límit elàstic de l'acer però l'abonyegadura impedeix el desenvolupament del moment plàstic. |
| 4 | Esvelta | Els elements total o parcialment comprimits de les seccions esveltes s'abonyeguen abans d'assolir el límit elàstic en la fibra més comprimida. |

Tingui en compte que una mateixa barra, pot ser de diferent classe en cada secció (en cada punt) i per cada combinació de sol·licitacions.

En funció de la classe de les seccions, el tipus de càlcul és:

| Classe de secció | Mètode per la determinació de les sol·licitacions | Mètode per la determinació de la resistència de les seccions |
|------------------|---|--|
| 1 Plàstica | Elàstic | Plàstic |
| 2 Compacta | Elàstic | Plàstic |
| 3 Semicompacta | Elàstic | Elàstic |
| 4 Esvelta | Elàstic | Elàstic amb resistència reduïda |

L'assignació de la classe de secció en cada cas, es realitza d'acord amb el que s'indica en el CTE DB SE-A o en EAE. En el cas de seccions de classe 4, el càlcul dels seus paràmetres resistents reduïts (secció eficaç) es realitza assimilant la secció a un conjunt de rectangles eficaços, d'acord amb el que s'estableix en el CTE DB SE-A i EAE.

Estat límit últim d'equilibri

Es comprova que en tots els nusos han d'igualar-se les càrregues aplicades amb els esforços de les barres. No es realitza la comprovació general de bolcada de l'estructura.

Estabilitat lateral global i guerxament

El programa pot realitzar un càlcul en 1er ordre o en 2n ordre. Les imperfeccions inicials poden ser tingudes en compte de forma automàtica, encara que també l'usuari pot introduir les accions equivalents en les barres que siguin necessàries.

La consideració dels efectes del guerxament es realitza de la següent forma:

- Si l'estructura és intraslacional (distorsió de pilars $r \leq 0,1$), basta realitzar un anàlisi elàstic i lineal en primer ordre i de segon ordre, i considerar el pandeig dels pilars com intraslacionals.
- Si l'estructura és traslacional (distorsió de pilars $r > 0,1$), pot realitzar-se un anàlisi elàstic i lineal considerant el pandeig com estructura traslacional, o bé:

- Realitzar un anàlisi elàstic i lineal de 1er ordre considerant el pandeig com estructura intraslacional però havent multiplicat totes les accions horitzontals sobre l'edifici pel coeficient d'amplificació $1 / (1 - r)$.
- Realitzar un anàlisi elàstic i lineal de 2n ordre considerant el pandeig com estructura intraslacional sense coeficient d'amplificació.

Es defineix per cada tipus de barra (bigues, pilars o diagonals) o cada barra individual y en cada un dels seus eixos principals independentment, si es desitja realitzar la comprovació a guerxament, es desitja considerar l'estructura traslacional, intraslacional o es desitja fixar manualment el seu factor de longitud de guerxament β (factor que al multiplicar-lo per la longitud de la barra s'obté la longitud de guerxament), tal i com es recull en el LLISTAT D'OPCIONES.

Si es deshabilitza la comprovació de guerxament en un determinat pla de guerxament d'una barra, no es realitza la comprovació especificada anteriorment en l'esmentat plànol. El factor reductor de guerxament d'una barra, χ_r , serà el menor dels factors de guerxament corresponents als dos plànols principals de la barra. Si es fixa el factor de longitud de guerxament ' β ' d'una barra, es considerarà que per a aquesta barra l'estructura es traslacional quan β sigui major o igual que 1,0, i intraslacional en cas contrari. La formulació pel càlcul dels coeficients de pandeo és la recollida en el CTE DB SE-A, i és la següent:

El càlcul del factor de guerxament β en cadascun dels plans principals de les barres, en funció dels factors d'encastament η_1 (en la base del pilar) i η_2 (en el seu cap) és (quan no és fixat per l'usuari).

- Estructures traslacionals:

$$\beta = \frac{L_k}{L} = \sqrt{\frac{1 - 0,2 \cdot (\eta_1 + \eta_2) - 0,12 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}{1 - 0,8 \cdot (\eta_1 + \eta_2) + 0,60 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}}$$

- Estructures intraslacionals:

$$\beta = \frac{L_k}{L} = \frac{1 + 0,145 \cdot (\eta_1 + \eta_2) - 0,265 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}{2 - 0,364 \cdot (\eta_1 + \eta_2) - 0,247 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}$$

on ' β ' és el factor de guerxament, L_k la longitud de guerxament i L la longitud del pilar, o distància entre els seus dos nusos extrems.

Per seccions constants i axial constant, l'esveltesa reduïda és

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{L_k} \right)^2 \cdot E \cdot I$$

El factor reductor de guerxament d'una barra, χ_r , es calcula d'acord amb el CTE DB SE-A o EAE.

Estat límit últim de rotura

La comprovació a rotura de les barres sotmeses a l'acció de les càrregues majorades, es desenvolupen de la següent forma:

Descomposició de la barra en seccions i càlcul en cadascuna d'elles dels valors de moments flectors, tallants, axial de compressió i axial de tracció.

- Càlcul de la tensió combinada en les següents seccions:

Secció de màxima compressió

Secció de màxima tracció

Secció de màxim moment flector segons l'eix Yp

Secció de màxim moment flector segons l'eix Zp

Secció de major tensió tangencial combinada

Secció de major tensió combinada, que pot coincidir amb alguna de les anteriors, encara que no necessàriament.

- Obtenció de les sis combinacions de sol·licitacions més desfavorables per altres seccions de la barra.

Resistència de las seccions

La capacitat resistent de les seccions depèn de la seva classe. Per seccions de classe 1 i 2 la distribució de tensions s'escollirà atenent a criteris plàstics (en flexió s'assoleix el límit elàstic en totes les fibres de la secció). Per les seccions de classe 3 la distribució seguirà un criteri elàstic (en flexió s'assoleix el límit elàstic només en les fibres extremes de la secció) i per seccions de classe 4 aquest mateix criteri s'establirà sobre la secció eficaç.

En tots els casos, es considera $f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$, si no s'indica el contrari.

- Resistència de les seccions de tracció. Es complirà:

$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

- Resistència de les seccions de tall. En absència de torsió, es considera la resistència plàstica:

$$V_{Ed} \leq V_{c,Rd}$$

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

on A_v és l'àrea resistent a tallant, que el programa pren de la base de dades de perfils.

- Resistència de les seccions a compressió sense guerxament. Es complirà

$$N_{c,Ed} \leq N_{c,Rd}$$

La resistència de la secció, serà, per seccions classe 1, 2 o 3:

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

Per seccions classe 4:

$$N_{c,Rd} = N_{u,Rd} = A_{ef} \cdot f_{yd}$$

- Resistència de les seccions de flexió. Es complirà

$$M_{Ed} \leq M_{c,Rd}$$

La resistència plàstica de la secció bruta, per seccions de classe 1 o 2, serà

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = W_{pl} \cdot f_{yd}$$

La resistència elàstica de la secció bruta, per seccions de classe 3, serà

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = W_{el} \cdot f_{yd}$$

La resistència elàstica de la secció eficaç, per seccions de classe 4 serà

$$M_{c,Rd} = M_{0,Rd} = W_{ef} \cdot f_{yd}$$

- Resistència de les seccions de torsió

Hauran de considerar-se les tensions tangencials degudes a la torsió uniforme, $\tau_{t,Ed}$, així com les tensions normals $\sigma_{w,Ed}$ i tangencials $\tau_{w,Ed}$ degudes al bimoment i a l'esforç torsor de torsió de guerxo.

En absència de tallant, es considera:

$$T_{Ed} \leq T_{c,Rd}$$

$$T_{c,Rd} = W_T \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

on W_T és el mòdul resistent a torsió, que el programa pren de la base de dades de perfils.

Interacció d'esforços en seccions

Normalment, en una mateixa secció i combinació d'accions, es donen varies sol·licitacions simultàniament. CTE considera els següents casos (l'EAE considera expressions més ajustades. Vegeu el Manual de Normatives per a més informació):

- **Flexió composta sense tallant ni pandeo.** Pot utilitzar-se, conservadorament:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rdy}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rdz}} \leq 1 \quad (\text{seccions de classe 1 y 2})$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,Rdy}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,Rdz}} \leq 1 \quad (\text{seccions de classe 3})$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{u,Rd}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{0,Rdy}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{0,Rdz}} \leq 1 \quad (\text{seccions de classe 4})$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

- **Flexió i tallant.** Si $V_{Ed} > 0,5 \cdot V_{c,Rd}$, es comprovarà que:

$$M_{Ed} \leq M_{V,Rd}$$

$$M_{V,Rd} = \left(W_{pl} - \frac{\rho \cdot A_V^2}{4 \cdot t_w} \right) \cdot f_{yd} \not\geq M_{0,Rd} \quad \text{per seccions I o H amb flexió i tallant en el plànol de l'ànima}$$

$$M_{V,Rd} = W_{pl} \cdot (1 - \rho) \cdot f_{yd} \not\geq M_{0,Rd} \quad \text{per la resta de casos}$$

$$\rho = \left(2 \cdot \frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2$$

- **Flexió, axial i tallant sense pandeo.** Si $V_{Ed} < 0,5 \cdot V_{c,Rd}$, només s'ha de considerar el cas 'Flexió composta sense tallant ni guerxament'. En el cas contrari, s'utilitzarà també aquest cas, però l'àrea de tallant es multiplicarà per $(1 - \rho)$, prenent ρ del cas anterior.

- **Tallant i torsió.** En la resistència a tallant s'usarà la resistència plàstica a tallant reduïda per la resistència de tensions tangencials de torsió uniforme:

$$V_{c,Rd} \leq V_{pl,T,Rd}$$

En seccions buides tancades:

$$V_{pl,T,Rd} = \left(1 - \frac{\tau_{t,Ed}}{f_{yd} / \sqrt{3}} \right) \cdot V_{pl,Rd}$$

Resistència de les barres

- Compressió i guerxament. Es complirà que

$$N_{c,Rd} \leq N_{pl,Rd}$$

$$N_{c,Rd} \leq N_{b,Rd}$$

La resistència a guerxament per flexió en compressió centrada pot calcular-se amb:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

- Compressió i flexió amb guerxament

L'expressió aquí reproduïdes corresponen al criteri d'eixos del CTE DB SE-A, de la qual la seva correspondència amb els eixos principals de *Tricalc* és:

| Eix | DB | Tricalc |
|--------------------------|----|---------|
| Longitudinal de la barra | X | Xp |
| Paral·lel a les ales | Y | Zp |
| Paral·lel a l'ànima | Z | Yp |

En el cas del CTE, per a tota peça es comprovarà:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A^* \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed} + e_{N,y} \cdot N_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed} + e_{N,z} \cdot N_{Ed}}{W_z \cdot f_{yd}} \leq 1$$

A més, si no hi ha guerxament per torsió (seccions tancades):

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A^* \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed} + e_{N,y} \cdot N_{Ed}}{W_y \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed} + e_{N,z} \cdot N_{Ed}}{W_z \cdot f_{yd}} \leq 1$$

A més, si hi ha guerxament per torsió (seccions obertes):

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A^* \cdot f_{yd}} + k_{yLT} \cdot \frac{M_{y,Ed} + e_{N,y} \cdot N_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed} + e_{N,z} \cdot N_{Ed}}{W_z \cdot f_{yd}} \leq 1$$

Veure l'apartat 6.3.4.2 de CTE DB SE-A per a més informació.

En el cas de l'EAE es comprovarà:

$$\left(\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \right) \cdot \gamma_{M1} \leq 1$$
$$\left(\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \right) \cdot \gamma_{M1} \leq 1$$

Veure l'apartat 35.3 de la EAE per a més informació.

Estat límit de servei de deformació

D'acord amb el CTE DB SE i EAE, es comprova la màxima deformació vertical (fletxa) de bigues i diagonals referent a:

- Fletxa produïda per les sobrecàrregues amb les combinacions característiques.
- Fletxa produïda per tota la càrrega amb les combinacions quasi permanents.

Estat límit últim d'abonyegament de l'ànima

Es realitza la comprovació d'abonyegament de l'ànima per contacte d'acord amb l'article 6.3.3.3 de la norma CTE DB SE-A o l'article 35.5 de la EAE, considerant la peça de l'ànima plena. El programa indica, en cas de ser necessari, la distància i espessor dels rigiditzadors transversals a disposar per així complir aquesta comprovació.

Estat límit últim de guerxament lateral de bigues

Aquesta comprovació és opcional en *Tricalc* i només es realitza en bigues i diagonals.

Es comprovarà que $M_{Ed} \leq M_{b,Rd}$. En el cas de barres traccionades i flectades, el moment M_{Ed} podrà substituir-se per $M_{ef,Ed}$ per aquesta comprovació d'acord amb l'expressió:

$$M_{ef,Ed} = W \cdot [M_{Ed}/W - N_{t,Ed}/A]$$

El moment resistent de guerxament lateral serà:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_z \cdot f_y / \gamma_{M1}$$

on W_z és el mòdul resistent de la secció, segons la seva classe i χ_{LT} el factor reductor per guerxament lateral. El programa calcula i indica el coeficient de seguretat a guerxament lateral ($M_{Ed} / M_{b,Rd}$).

Cas particular de les seccions d'inèrcia variable: carteles

Estat límit de trencament

Per l'estat límit de trencament, es parteix de les sol·licitacions existents en cada secció, que van ser calculades suposant que cada cartela secundària es de secció constant de valor la de la secció en el seu punt mig. A partir d'aquests esforços, es realitzen les comprovacions indicades anteriorment utilitzant les característiques geomètriques del perfil real en cada secció d'estudi (es a dir, considerant-la com una secció d'inèrcia variable).

Estat límit de guerxament

Pel càlcul de la longitud de guerxament, l'esveltesa λ i el coeficient reductor de guerxament χ , es considera la cartela primària com una barra única amb una secció equivalent d'acord amb l'article '6.3.2.3 Barres de secció variable' de la norma CTE DB SE-A. En la funció de retocat de resultats de guerxament s'utilitzaran també aquests criteris pel càlcul de la longitud, factor de pandeo β , esveltesa λ i coeficient reductor de guerxament χ .

Estat límit de deformació

Pel càlcul de l'estat límit de deformació, s'estudia cada cartela secundària per separat i considerant-la de secció constant.

Perfils Conformats

Donat que el CTE DB SE-A és insuficient per a comprovar aquest tipus de seccions, s'utilitzen els criteris de la norma europea EN 1993-1-3. Vegi's la memòria de càlcul corresponent als Eurocodis Genèrics.

En el cas de l'EAE, s'utilitza l'indicat en el seu article 73º.

Projecte de càlcul estructural de substitució de 4 creus de Sant Andreu: Annexes
Client/Promotor: Selectives Metropolitanas, S.A. (SEMESA).
Adreça: Ctra. Camí Antic de Barcelona a València B-210. 08850 GAVÀ

ANNEX 2

Opcions de càlcul

Informe de dades de càlcul

PROJECTE:

ESTRUCTURA:

1. Normativa i tipus de càlcul

Normativa

| | |
|----------|------------------------|
| Accions: | CTE DB SE-AE |
| Acer: | EAE |
| Altres: | CTE DB SE-C, CTE DB SI |

Mètode del càlcul d'esforços

Mètode d'altres prestacions

Opcions de càlcul

Indeformabilitat de tots els forjats horitzontals en el seu pla
Consideració del tamany del pilar en forjats reticulars i lloses
Es realitza un càlcul de 2n ordre elàstic

Informe de dades de càlcul**PROJECTE:****ESTRUCTURA:****2. Càrregues****Hipòtesi de càrrega**

| NH | Nom | Tipus | Descripció |
|----|-----|----------------|--------------|
| 0 | G | Permanents | Permanentes |
| 1 | Q1 | Sobrecàrregues | Sobrecargas |
| 2 | Q2 | Sobrecàrregues | Sobrecargas |
| 7 | Q3 | Sobrecàrregues | Sobrecargas |
| 8 | Q4 | Sobrecàrregues | Sobrecargas |
| 9 | Q5 | Sobrecàrregues | Sobrecargas |
| 10 | Q6 | Sobrecàrregues | Sobrecargas |
| 22 | S | Neu | Nieve |
| 21 | T | Sense definir | Temperatura |
| 23 | A | Sense definir | Accidentales |

Coefficients de majoració

| Tipus | Hipòtesi | Formigó | Alumini/Altres/CTE/EAE |
|---------------------------------|----------|---------|------------------------|
| Càrregues permanents | 0 | 1,35 | 1,35 |
| Cargas variables | 1 | 1,50 | 1,50 |
| | 2 | 1,50 | 1,50 |
| | 7 | 1,50 | 1,50 |
| | 8 | 1,50 | 1,50 |
| | 9 | 1,50 | 1,50 |
| | 10 | 1,50 | 1,50 |
| Càrregues mòbils no habilitades | | | |
| Càrregues de temperatura | 21 | 1,50 | 1,50 |
| Càrregues de neu | 22 | 1,50 | 1,50 |
| Càrregues accidentals | 23 | 1,00 | 1,00 |




Opcions de càrregues

Vent no actiu

Sisme no actiu

Es considera el Pes propi de les barres

Formigó/ Alumini/ Eurocodi / Codi Tècnic de l'Edificació/ EAE

| Tipus de càrrega |  |  |  |
|------------------|--|---|---|
| Gravitatòries | 0,70 | 0,50 | 0,30 |
| Mòbils | 0,70 | 0,50 | 0,30 |
| Vent | 0,60 | 0,50 | 0,00 |
| Neu | 0,50 | 0,20 | 0,00 |
| Temperatura | 0,60 | 0,50 | 0,00 |

3. Materials

Materials d'estructura

Acer laminat: S275

| | |
|---------------------------|-------------------------|
| Límit elàstic: | 2804 Kg/cm ² |
| Tensió de trencament: | 4385 Kg/cm ² |
| Coefficient de minoració: | 1,05; 1,05; 1,25 |

Informe de dades de càlcul

PROJECTE:

ESTRUCTURA:

4. Armat i comprovació

Opcions de comprovació de barres d'acer

Nota: Hi ha perfils metàl·lics compostos, però els seus enllaços (presilles) no s'han comprovat.

Càlcul de 1er. ordre:

No es consideren els coeficients d'amplificació

Bigues:

Yp: Guernament es comprova com a intranslacional

Zp: Guernament es comprova com a intranslacional

Pilars:

Yp: Guernament es comprova com a intranslacional

Zp: Guernament es comprova com a intranslacional

Diagonals:

Yp: Guernament es comprova com a intranslacional

Zp: Guernament es comprova com a intranslacional

Càlcul de 2º ordre:

Bigues:

Yp: Guernament es comprova com a intranslacional

Zp: Guernament es comprova com a intranslacional

No es consideren les imperfeccions locals

(EAE 22.3.2, 22.5)

Pilars:

Yp: Guernament es comprova com a intranslacional

Zp: Guernament es comprova com a intranslacional

No es consideren les imperfeccions locals

(EAE 22.3.2, 22.5)

Diagonals:

Yp: Guernament es comprova com a intranslacional

Zp: Guernament es comprova com a intranslacional

No es consideren les imperfeccions locals

(EAE 22.3.2, 22.5)

Esveltesa reduïda màxima a compressió 3,00

Esveltesa reduïda màxima a tracció 3,00

Guernament Lateral NO es comprova

Coefficient de guernament torsional : kw: 1,0000

Abonyegadura de l'ànima NO es comprova

Interval de comprovació 30 cm

Pujar secció per esveltesa

Coefficient de guernament torsional: 1,0000

Panys:

Comprovació de fletxa per confort:

Fletxa relativa L / 350

Comprovació de fletxa per integritat:

Fletxa relativa L / 400

Comprovació de fletxa per aparença:

Fletxa relativa L / 300

Voladissos:

Comprovació de fletxa per confort:

Fletxa relativa L / 175

Comprovació de fletxa per integritat:

Fletxa relativa L / 200

Comprovació de fletxa per aparença:

Informe de dades de càlcul

PROJECTE:

ESTRUCTURA:

Fletxa relativa L / 150

Percentatge de la càrrega permanent col·locada després de l'element damnable (envans, enrajolat...) : 10 %

No es considera deformació per tallant

Pujar secció per fletxa

Es considera els criteris constructius de NCSE-02

Aplicar criteris constructius segons les opcions de sisme definides

Projecte de càlcul estructural de substitució de 4 creus de Sant Andreu: Annexes
Client/Promotor: Selectives Metropolitanas, S.A. (SEMESA).
Adreça: Ctra. Camí Antic de Barcelona a València B-210. 08850 GAVÀ

ANNEX 3

Comprovació seccions d'acer

COMPROVACIÓ SECCIONS ACER

PROJECTE:

ESTRUCTURA:

1. BIGUES

| | | | | | |
|------|----|------------|---|-------|-------|
| BIGA | 3 | (2UPN-120 |) | 461cm | 14,5% |
| BIGA | 6 | (2UPN-120 |) | 462cm | 20,5% |
| BIGA | 16 | (2UPN-120 |) | 461cm | 5,1% |

2. PILARS

| | | | | | |
|-------|----|---------------|---|-------|-----------|
| PILAR | 1 | (2UPN-SEP-140 |) | 500cm | 112,0%*** |
| PILAR | 2 | (2UPN-SEP-140 |) | 500cm | 92,6% |
| PILAR | 5 | (2UPN-SEP-140 |) | 181cm | 44,0% |
| PILAR | 9 | (PHC-100.6 |) | 181cm | 7,0% |
| PILAR | 11 | (2UPN-SEP-140 |) | 181cm | 54,7% |
| PILAR | 17 | (2UPN-SEP-140 |) | 139cm | 12,2% |

3. DIAGONALS

| | | | | | |
|-------|----|-------------|---|-------|-------|
| DIAG. | 4 | (PHC-100.6 |) | 248cm | 22,6% |
| DIAG. | 7 | (PHC-100.6 |) | 247cm | 6,2% |
| DIAG. | 8 | (PHC-100.6 |) | 248cm | 7,0% |
| DIAG. | 10 | (PHC-100.6 |) | 248cm | 27,8% |
| DIAG. | 12 | (PHC-100.6 |) | 248cm | 6,4% |
| DIAG. | 13 | (PHC-100.6 |) | 247cm | 2,4% |
| DIAG. | 14 | (PHC-100.6 |) | 248cm | 5,4% |
| DIAG. | 15 | (PHC-100.6 |) | 248cm | 6,9% |
| DIAG. | 18 | (LPN-70.8 |) | 480cm | 16,6% |



COL·LEGI D'ENGINYERS GRADUATS
I ENGINYERS TÈCNICS INDUSTRIALS
DE BARCELONA

09/03/2020 / 2020903648

Registre de verificació documental
A efectes d'acreditació de l'assegurança de
responsabilitat civil professional

Projecte de càlcul estructural de substitució de 4 creus de Sant Andreu: Annexes
Client/Promotor: Selectives Metropolitanas, S.A. (SEMESA).
Adreça: Ctra. Camí Antic de Barcelona a València B-210. 08850 GAVÀ

ANNEX 4

Desplaçaments

Llistat Desplaçaments
PROJECTE:
ESTRUCTURA:

Desplaçaments. Eixos generals, Formigó, E.L.U.
 majorades

| NN | Tipus | Hip | Id | Dx(cm) | Dy | Dz | Gx(1E-5 rad) | Gy | Gz |
|----|--------|-----|----|--------|--------|--------|--------------|------|--------|
| 1 | xyzxyz | M+ | A | +0,000 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M- | A | +0,000 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M+ | B | +0,000 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M- | B | +0,000 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M+ | C | +0,000 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M- | C | +0,000 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M+ | D | +0,000 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M- | D | +0,000 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| 2 | xyzxyz | M+ | A | +0,000 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M- | A | +0,000 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M+ | B | +0,000 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M- | B | +0,000 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M+ | C | +0,000 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M- | C | +0,000 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M+ | D | +0,000 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M- | D | +0,000 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| 3 | _____ | M+ | A | +8,871 | +0,003 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M- | A | -0,003 | -0,008 | +0,000 | +0,0 | -0,0 | -506,4 |
| | | M+ | B | +8,985 | +0,003 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M- | B | -0,003 | -0,008 | +0,000 | +0,0 | -0,0 | -514,2 |
| | | M+ | C | +0,000 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M- | C | +0,000 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M+ | D | +8,985 | +0,003 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M- | D | -0,003 | -0,008 | +0,000 | +0,0 | -0,0 | -514,2 |
| 4 | _____ | M+ | A | +8,878 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +116,7 |
| | | M- | A | -0,000 | -0,026 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | -0,1 |
| | | M+ | B | +8,994 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +118,4 |
| | | M- | B | -0,000 | -0,026 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | -0,1 |
| | | M+ | C | +0,000 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M- | C | +0,000 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M+ | D | +8,994 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +118,4 |
| | | M- | D | -0,000 | -0,026 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | -0,1 |
| 5 | _____ | M+ | A | +8,865 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +8,7 |
| | | M- | A | +0,000 | -0,016 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | -595,4 |
| | | M+ | B | +8,980 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +8,7 |
| | | M- | B | +0,000 | -0,016 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | -601,1 |
| | | M+ | C | +0,000 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M- | C | +0,000 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M+ | D | +8,980 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +8,7 |
| | | M- | D | +0,000 | -0,016 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | -601,1 |
| 6 | _____ | M+ | A | +8,885 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +36,8 |
| | | M- | A | -0,000 | -0,025 | +0,000 | +0,0 | -0,0 | -3,3 |
| | | M+ | B | +9,000 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +37,2 |
| | | M- | B | -0,000 | -0,025 | +0,000 | +0,0 | -0,0 | -3,3 |

Llistat Desplaçaments
PROJECTE:
ESTRUCTURA:

| NN | Tipus | Hip | Id | Dx(cm) | Dy | Dz | Gx(1E-5 rad) | Gy | Gz |
|----|-------|-----|----|--------|--------|--------|--------------|------|--------|
| | | M+ | C | +0,000 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M- | C | +0,000 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M+ | D | +9,000 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +37,2 |
| | | M- | D | -0,000 | -0,025 | +0,000 | +0,0 | -0,0 | -3,3 |
| 7 | | M+ | A | +8,883 | +0,005 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +48,7 |
| | | M- | A | +0,000 | -0,021 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M+ | B | +8,998 | +0,005 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +49,3 |
| | | M- | B | +0,000 | -0,021 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M+ | C | +0,000 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M- | C | +0,000 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M+ | D | +8,998 | +0,005 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +49,3 |
| | | M- | D | +0,000 | -0,021 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| 8 | | M+ | A | +8,901 | +0,002 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +87,0 |
| | | M- | A | +0,000 | -0,009 | +0,000 | +0,0 | -0,0 | -6,8 |
| | | M+ | B | +9,017 | +0,002 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +88,0 |
| | | M- | B | +0,000 | -0,009 | +0,000 | +0,0 | -0,0 | -6,8 |
| | | M+ | C | +0,000 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M- | C | +0,000 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M+ | D | +9,017 | +0,002 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +88,0 |
| | | M- | D | +0,000 | -0,009 | +0,000 | +0,0 | -0,0 | -6,8 |
| 9 | | M+ | A | +8,889 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M- | A | -0,000 | -0,026 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | -43,6 |
| | | M+ | B | +9,005 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M- | B | -0,000 | -0,026 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | -44,2 |
| | | M+ | C | +0,000 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M- | C | +0,000 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M+ | D | +9,005 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M- | D | -0,000 | -0,026 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | -44,2 |
| 10 | | M+ | A | +8,899 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +111,8 |
| | | M- | A | -0,001 | -0,018 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M+ | B | +9,015 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +113,4 |
| | | M- | B | -0,001 | -0,018 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M+ | C | +0,000 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M- | C | +0,000 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M+ | D | +9,015 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +113,4 |
| | | M- | D | -0,001 | -0,018 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| 11 | | M+ | A | +8,903 | +0,002 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +6,2 |
| | | M- | A | -0,001 | -0,010 | +0,000 | +0,0 | -0,0 | -27,0 |
| | | M+ | B | +9,018 | +0,002 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +6,2 |
| | | M- | B | -0,001 | -0,010 | +0,000 | +0,0 | -0,0 | -27,2 |
| | | M+ | C | +0,000 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M- | C | +0,000 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M+ | D | +9,018 | +0,002 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +6,2 |
| | | M- | D | -0,001 | -0,010 | +0,000 | +0,0 | -0,0 | -27,2 |
| 12 | | M+ | A | +8,903 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +7,6 |
| | | M- | A | -0,000 | -0,031 | +0,000 | +0,0 | -0,0 | +0,0 |
| | | M+ | B | +9,018 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +7,6 |

Llistat Desplaçaments
PROJECTE:
ESTRUCTURA:

| NN | Tipus | Hip | Id | Dx(cm) | Dy | Dz | Gx(1E-5 rad) | Gy | Gz |
|----|-------|-----|----|--------|--------|--------|--------------|------|-------|
| | | M- | B | -0,000 | -0,031 | +0,000 | +0,0 | -0,0 | +0,0 |
| | | M+ | C | +0,000 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M- | C | +0,000 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M+ | D | +9,018 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +7,6 |
| | | M- | D | -0,000 | -0,031 | +0,000 | +0,0 | -0,0 | +0,0 |
| 13 | | M+ | A | +8,903 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +5,3 |
| | | M- | A | -0,000 | -0,030 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | -1,1 |
| | | M+ | B | +9,018 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +5,3 |
| | | M- | B | -0,000 | -0,030 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | -1,1 |
| | | M+ | C | +0,000 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M- | C | +0,000 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M+ | D | +9,018 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +5,3 |
| | | M- | D | -0,000 | -0,030 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | -1,1 |
| 14 | | M+ | A | +8,900 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M- | A | +0,000 | -0,019 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | -35,9 |
| | | M+ | B | +9,015 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M- | B | +0,000 | -0,019 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | -36,2 |
| | | M+ | C | +0,000 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M- | C | +0,000 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M+ | D | +9,015 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M- | D | +0,000 | -0,019 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | -36,2 |
| 15 | | M+ | A | +8,903 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +5,7 |
| | | M- | A | -0,000 | -0,031 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M+ | B | +9,018 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +5,7 |
| | | M- | B | -0,000 | -0,031 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M+ | C | +0,000 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M- | C | +0,000 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M+ | D | +9,018 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +5,7 |
| | | M- | D | -0,000 | -0,031 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| 16 | | M+ | A | +8,914 | +0,002 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M- | A | +0,000 | -0,011 | +0,000 | +0,0 | -0,0 | -42,3 |
| | | M+ | B | +9,030 | +0,002 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M- | B | +0,000 | -0,011 | +0,000 | +0,0 | -0,0 | -42,3 |
| | | M+ | C | +0,000 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M- | C | +0,000 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M+ | D | +9,030 | +0,002 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M- | D | +0,000 | -0,011 | +0,000 | +0,0 | -0,0 | -42,3 |
| 17 | | M+ | A | +8,909 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +43,1 |
| | | M- | A | -0,002 | -0,020 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M+ | B | +9,023 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +43,2 |
| | | M- | B | -0,002 | -0,020 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M+ | C | +0,000 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M- | C | +0,000 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |
| | | M+ | D | +9,023 | +0,000 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +43,2 |
| | | M- | D | -0,002 | -0,020 | +0,000 | +0,0 | +0,0 | +0,0 |